

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3227454号

(P3227454)

(45) 発行日 平成13年11月12日 (2001. 11. 12)

(24) 登録日 平成13年 8 月31日 (2001. 8. 31)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

C 2 3 C 26/00

C 2 3 C 26/00

D

請求項の数24(全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-544565

(86) (22) 出願日 平成11年 5 月13日 (1999. 5. 13)

(86) 国際出願番号 P C T / J P 9 9 / 0 2 4 6 0

(87) 国際公開番号 W O 9 9 / 5 8 7 4 4

(87) 国際公開日 平成11年11月18日 (1999. 11. 18)

審査請求日 平成12年 3 月 8 日 (2000. 3. 8)

(31) 優先権主張番号 特願平10-130318

(32) 優先日 平成10年 5 月13日 (1998. 5. 13)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-302020

(32) 優先日 平成10年10月23日 (1998. 10. 23)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-304898

(32) 優先日 平成10年10月27日 (1998. 10. 27)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 999999999

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

(72) 発明者 毛呂 俊夫

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

三菱電機株式会社内

(72) 発明者 後藤 昭弘

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

三菱電機株式会社内

(74) 代理人 999999999

弁理士 宮田 金雄 (外 1 名)

審査官 鈴木 正紀

(56) 参考文献 特開 平 8 - 300227 (J P, A)

(58) 調査した分野(Int.Cl.⁷, D B 名)

C23C 26/00

(54) 【発明の名称】 放電表面処理用電極及びその製造方法並びに放電表面処理方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理に用いる放電表面処理用電極において、

前記電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、

前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が熔融する温度で焼成してなることを特徴とする放電表面処理用電極。

【請求項 2】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理に用いる放電表面処理用電極において、

2
前記電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、
前記電極材料にワックスを添加した後圧縮成形し、前記ワックスが熔融する温度以上前記ワックスが分解してすが発生する温度以下にて加熱を行い前記ワックスを蒸発除去し、さらに前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が熔融する温度で焼成してなることを特徴とする放電表面処理用電極。

10 【請求項 3】請求の範囲 1 又は 2 において、前記焼成温度を 400℃以上 1100℃未満の温度範囲として形成されることを特徴とする放電表面処理用電極。

【請求項 4】請求の範囲 1 又は 2 において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独

又は組み合わせてなる混入物を前記電極材料に混入してなることを特徴とする放電表面処理用電極。

【請求項5】請求の範囲1又は2において、前記電極材料を圧縮成形する前に、真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して本焼結を行った超硬合金の粒を前記電極材料に混入してなることを特徴とする放電表面処理用電極。

【請求項6】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理に用いる放電表面処理用電極の製造方法において、
前記電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、
前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成することを特徴とする放電表面処理用電極の製造方法。

【請求項7】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理に用いる放電表面処理用電極の製造方法において、
前記電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、
前記電極材料にワックスを添加した後圧縮成形し、前記ワックスが溶融する温度以上前記ワックスが分解してすずが発生する温度以下にて加熱を行い前記ワックスを蒸発除去し、さらに前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成することを特徴とする放電表面処理用電極の製造方法。

【請求項8】請求の範囲6又は7において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とすることを特徴とする放電表面処理用電極の製造方法。

【請求項9】請求の範囲6又は7において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独又は組み合わせてなる混入物を前記電極材料に混入することを特徴とする放電表面処理用電極の製造方法。

【請求項10】請求の範囲6又は7において、前記電極材料を圧縮成形する前に、真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して本焼結を行った超硬合金の粒を前記電極材料に混入することを特徴とする放電表面処理用電極の製造方法。

【請求項11】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理方法において、
前記電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、
前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎと

して用いる材料の一部が溶融する温度で焼成して前記電極を形成し、

前記電極と前記被加工物との間にパルス状のアーク放電、連続状のアーク放電、又は連続アーク及び断続アーク放電を組み合わせてなるアーク放電を発生させ、前記アーク放電のエネルギーにより前記被加工物表面に前記硬質被膜を形成することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項12】請求の範囲11において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とすることを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項13】請求の範囲11において、前記電極と前記被加工物との間に不活性ガスを介在させることを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項14】請求の範囲11において、前記電極を前記被加工物に対して走査させて、前記被加工物表面に前記硬質被膜を形成することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項15】請求の範囲11において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独又は組み合わせてなる混入物を前記電極材料に混入することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項16】請求の範囲11において、前記電極材料を圧縮成形する前に、真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して本焼結を行った超硬合金の粒を前記電極材料に混入することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項17】請求の範囲11において、前記被加工物が金型であり、予備加工後の金型母材表面に前記硬質被膜を形成後、機械加工又は放電加工により前記硬質被膜を仕上げ加工することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項18】請求の範囲17において、前記金型使用時に摩耗が大きい部分に、摩耗が小さい部分よりも厚い硬質被膜を形成することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項19】請求の範囲17において、前記金型の摩耗が生じた部分を、前記電極を用いた放電表面処理により修正することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項20】請求の範囲19において、前記予備加工後の金型母材により予め総型電極を製作しておき、前記金型の摩耗が生じた部分を、前記総型電極を用いた放電表面処理により修正することを特徴とする放電表面処理方法。

【請求項21】電極と被加工物との間に放電を発生させ、そのエネルギーにより、前記被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理装置において、
前記電極と前記被加工物との間にパルス状のアーク放電、連続状のアーク放電、又は連続アーク及び断続アーク放電を組み合わせてなるアーク放電を発生する放電発生手段と、

金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミック

ス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を圧縮成形した後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が熔融する温度で焼成して形成された電極とを備えることを特徴とする放電表面処理装置。

【請求項22】請求の範囲21において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とすることを特徴とする放電表面処理装置。

【請求項23】請求の範囲21において、前記電極と前記被加工物との間に不活性ガスを介在させる不活性ガス供給手段を備えることを特徴とする放電表面処理装置。

【請求項24】請求の範囲21において、前記電極と前記被加工物とをX方向、Y方向、及びZ方向に相対移動させるX軸駆動装置、Y軸駆動装置、及びZ軸駆動装置とを備えることを特徴とする放電表面処理装置。

【発明の詳細な説明】

技術分野

この発明は、電極と被加工物の間に放電を発生させ、その放電エネルギーにより被加工物表面に硬質被膜を形成する放電表面処理に用いる、放電表面処理用電極及びその製造方法並びに放電表面処理方法及び装置の改良に関するものである。

背景技術

従来、被加工物の表面をコーティングして、耐食性、耐磨耗性を付与する技術としては、例えば日本国特開平5-148615号公報に開示されている放電表面処理方法がある。この技術は、WC粉末とCo粉末等からなる圧粉体電極を使用して1次加工（堆積加工）を行い、次に銅電極等の比較的電極消耗の少ない電極に交換して2次加工

（再溶融加工）を行う、2つの行程からなる金属材料の表面処理方法である。この従来技術は、高硬度で密着力の大きい数10μmの厚みの硬質被膜を鋼材に対して形成するには優れた方法であるが、超硬合金のような焼結材料の表面に強固な密着を持った硬質被膜を形成することは困難である。

次に、日本国特開平9-192937号公報に開示された、超硬合金にも密着力が高い硬質被膜を形成する放電表面処理方法を第16図により説明する。図において、1はTiH₂粉末を圧縮成形してなる圧粉体電極、2は被加工物、3は加工槽、4は加工液、5は圧粉体電極1と被加工物2に印加する電圧及び電流のスイッチングを行うスイッチング素子、6はスイッチング素子5のオン・オフを制御する制御回路、7は電源、8は抵抗器、9は形成された硬質被膜である。このような構成による放電表面処理により、鉄鋼、超硬合金等の表面に強固な密着を持つ数μm～数10μmの厚みの硬質被膜を形成することができる。

以上の従来技術においては、いずれの場合も圧粉体電極を用いることが特徴であり、放電エネルギーにより容易に電極成分が熔融し被加工物表面に被膜を形成しやすいという利点がある。しかし、主に以下に示す3つの理由

により実用化が困難であった。

第1の理由は、圧粉体電極は脆く壊れやすいためである。従って、電極を被加工物の形状に合わせるための機械加工、あるいは、電極を装置に固定するためのねじ穴等の機械加工が極めて困難であり、放電表面処理の段取り作業等を複雑にし、実質的な処理効率を低下させる要因となっている。また、このような問題を解決するために、圧粉体電極を本焼結して金属電極にして使用することが考えられるが、本焼結後の電極の加工性が悪くなること及び硬質被膜の形成速度が低下するという問題がある。

第2の理由は、実用的な大きさの電極の成形が困難なためである。即ち、金型等の表面処理に用いる実用的な大きさに電極を成形するには、プレス能力を飛躍的に大きくしなければならないと共に、粉体材料の圧縮成形時に圧力が材料の内部に均一に伝播しないため密度の不均一性が増大し、ひび割れの発生等の欠陥が生じる。従って、被加工物に形成される硬質被膜にはばらつきが発生するため、品質を低下させる要因となっている。

第3の理由は、厚膜の形成が困難なためである。即ち、従来の方法では数μm～数十μmの厚さまでが限界であり、工業的に要求されているこれ以上の厚さの硬質被膜の形成ができない。

以下において、前記第3の理由に関連した補足説明を行う。薄膜の形成はドライプロセスである物理蒸着や化学蒸着等により工業的には普及しているが、厚膜の形成はこれらの方法では困難であり、現状では溶射法等に依存せざるをえない。溶射法は各種の材料を被加工物上に肉盛りできるがその組織は粗く、金型等の被膜のような精密かつ耐久性が必要な用途への応用は不可能であり、使用材料の制約も多い。

また、従来技術として、日本国特開平8-300227号公報においては、放電表面処理用電極及び金属表面処理方法に関する技術が開示されている。この方法は炭化物を用いて電極を圧縮成形し、焼結温度以下の温度で仮焼結して電極を形成するものであるが、放電表面処理を行った後に加工極性を変換して硬質被膜をさらに硬化処理するため、比較的高温で仮焼結を行う必要があり、事例によれば1100℃で30分の保持を行っている。しかし、このような仮焼結圧粉体電極では、液相焼結により緻密化が進行しているため、電極の二次加工が困難である他、被加工物への硬質被膜の堆積加工の能率が悪く、硬質被膜の品質低下が起こると共に緻密な硬質被膜を形成するためには長時間加工する必要がある。さらに、堆積加工ではなく形彫放電加工に移行しやすいという欠点がある。

次に、被加工物の例として、金型の製造方法について説明する。金型の製造方法としては、以下の3通りが挙げられる。第1は金型に熱処理を施して、必要な硬度及び耐磨耗性を付与して使用するもの、第2は表面改質技術を応用し、金型表面の全部又は一部に硬質被膜を堆積

させ寿命延長を図るもの、第3は超硬合金で金型を製造するか又は部分的に超硬合金等の硬質材料を埋め込んで使用し、長時間に亘り精度を維持するものである。前記第3の方法は、自動車用金型のように、大量生産用途又は精密用途に用いられる。

この発明において、金型が被加工物である場合の放電表面処理方法は、主に前記第3の方法に関連し、超硬合金金型又は超硬合金を部分的に使用する金型を代替できる金型の放電表面処理方法を提供するものであり、以下、この分野に関連する従来技術について説明する。

第17図には精密鍛造金型として用いられるダイスヘッド用金型の例を示している。金型母材100の中心部には超硬合金ブロック101が埋め込まれ、形彫放電加工機又はワイヤ放電加工機等によって加工され実際の金型面を構成しており、さらに、放電表面処理により金型表面に硬質被膜を堆積させて表面硬度を上げることにより、耐久性の向上を図っている。第17図は放電表面処理を行う場合の構成を示すものであり、圧粉体電極103による放電表面処理により、金型表面に硬質被膜を数 μm 程度付着させる。102は圧粉体電極103を固定するためのシャックルである。以上のように、金型は、金型母材の加工、超硬合金ブロックの埋め込み、金型形状の精密な加工、放電表面処理による表面改質という多数の工程を経て製造される。

前記の金型製造工程においては、2つの大きな問題がある。第1の問題は、超硬合金ブロックを圧入により金型母材に埋め込むため、金型母材、超硬合金ブロック共に極めて高い精度で加工する必要があり、金型の製造時間及び製造コストが非常に大きくなっていることである。第2の問題は、金型母材に圧入されている超硬合金ブロックは金型母材とは別の材質であるため、熱膨張率の違いにより欠け、割れが発生しやすく、超硬合金ブロックが破損、割れ等により使用できなくなった場合には金型全体の廃棄、再製造が必要となり、この場合も製造時間及び製造コストが非常に大きくなることである。

このため、金型の製造部門や使用部門から改善を求める要求が強くなっているが、これに応える解決策は見出されていない。

次に別の事例を説明する。自動車部品製造分野において、例えば第18図に示すようなコネクティングロッドの鍛造金型がよく用いられる。第19図はその代表的な製造工程を示している。また、最近では高速切削加工技術が急速に進歩しており、熱処理された高硬度の被加工物でも切削加工が可能になっている。第20図は高速切削と従来の放電加工を用いる方法とのコネクティングロッド型の製造時間の比較例であるが、高速切削の方が能率が良いことが分かる。

また、第19図に示すように、金型は使用により摩耗するため、新品と交換するか、又は精度修正する必要がある。第18図に示すような典型的な大形の金型において

は、超硬合金ブロックを埋め込むことは製造上不可能であり、このような大形の金型では大半がダイス鋼を用い、摩耗した場合には、熱処理、表面改質を部分的に行ない耐久性を改善させることが唯一の手段であった。従って、金型を再製造する頻度が極めて高くなり、金型製造コストが膨大となっている。

金型等の被加工物に、放電表面処理により硬質被膜を付与する従来方法については、前記において日本国特開平5-148615号公報に開示されている放電表面処理方法等により説明した通りである。

しかし、従来の方法においては、例えば第21図に示すように硬質被膜の厚さが薄く、塑性変形に伴う高温下における材料特性が低下しやすく、靱性が不足するため、金型の表面に用いて超硬合金ブロックの代替として使用することは困難であった。従って、超硬合金の表面改質用に使用される程度であった。

以上説明したように、超硬合金を使用する金型では製造時間及び製造コストが膨大になるという問題点があった。また、超硬合金ブロックを埋め込むことができない大形の金型では、金型を再製造する頻度が極めて高くなり、金型製造コストが膨大となる問題点があった。さらに、従来の放電表面処理により硬質被膜を形成する方法では、被膜の厚さが薄いため、前記問題点を解決することはできなかった。

発明の開示

この発明は、前記のような従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、容易に二次加工ができると共に硬質被膜の形成速度が低下しない、放電表面処理用電極及びその製造方法並びに放電表面処理方法及び装置を得ることを目的とする。

また、潤滑性、高温強度、耐摩耗性等の特別な機能を付与することができる硬質被膜を被加工物に形成することができる放電表面処理用電極、放電表面処理用電極の製造方法及び放電表面処理方法を得ることを目的とする。

さらに、より緻密で硬度のむらがない、良質な硬質被膜を被加工物に形成することができる放電表面処理用電極、放電表面処理用電極の製造方法及び放電表面処理方法を得ることを目的とする。

また、効率的に被加工物に硬質被膜を形成することができ、電極の成形が容易にできると共に任意の面積範囲で硬質被膜の厚膜を形成することができ、金型、工具、機械要素部品等の様々な機械部品への適用が可能となる放電表面処理方法及び装置を得ることを目的とする。

さらに、主に超硬合金金型又は超硬合金を部分的に使用する金型を代替できる、安価、高精度、高耐久性、かつ短時間で製造できると共に簡単な修正作業のみで何回も繰り返し使用できる金型に適用する放電表面処理方法を得ることを目的とする。

第1の発明に係る放電表面処理用電極は、電極材料と

して、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成してなるものである。

第2の発明に係る放電表面処理用電極は、電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、前記電極材料にワックスを添加した後圧縮成形し、前記ワックスが溶融する温度以上前記ワックスが分解してす

が發生する温度以下にて加熱を行い前記ワックスを蒸発除去し、さらに前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成してなるものである。

第3の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲として形成されるものである。

第4の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独又は組み合わせて

なる混入物を前記電極材料に混入してなるものである。

第5の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明において、前記電極材料を圧縮成形する前に、真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して本焼結を行った超硬合金の粒を前記電極材料に混入してなるものである。

第6の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成するものである。

第7の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、前記電極材料にワックスを添加した後圧縮成形し、前記ワックスが溶融する温度以上前記ワックスが分解してす

が發生する温度以下にて加熱を行い前記ワックスを蒸発除去し、さらに前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成するものである。

第8の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明又は第7の発明において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とするものである。

第9の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明又は第7の発明において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独又は組み合わせてなる混入物を前記電極材料に混入するものである。

第10の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明又は第7の発明において、前記電極材料を圧縮成形する前に、真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して本焼結を行った超硬合金の粒を前記電極材料に混入するものである。

第11の発明に係る放電表面処理方法は、電極材料として、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を用い、前記電極材料を圧縮成形後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成して前記電極を形成し、前記電極と前記被加工物との間にパルス状のアー

ク放電、連続状のアー

ク放電、又は連続アー

ク放電を発生させ、前記アー

ク放電のエネルギーにより被加工物表面に硬質被膜を形成するものである。

第12の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とするものである。

第13の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記電極を前記被加工物に対して走査させて、前記被加工物表面に前記硬質被膜を形成するものである。

第14の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記電極材料を圧縮成形する前に、自己潤滑機能を有する材料の粉体、セラミックスの粉体、若しくは窒化物の粉体を単独又は組み合わせてなる混入物を前記電極材料に混入するものである。

第15の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記被加工物が金型であり、予備加工後の金型母材表面に前記硬質被膜を形成後、機械加工又は放電加工により前記硬質被膜を仕上げ加工するものである。

第16の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記金型使用時に摩耗が大きい部分に、摩耗が小さい部分よりも厚い硬質被膜を形成するものである。

第17の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記金型の摩耗が生じた部分を、前記電極を用いた放電表面処理により修正するものである。

第18の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明において、前記予備加工後の金型母材により予め総型電極を製作しておき、前記金型の摩耗が生じた部分を、前記総型電極を用いた放電表面処理により修正するものである。

第21の発明に係る放電表面処理装置は、電極と被加工物との間にパルス状のアーク放電、連続状のアーク放電、又は連続アーク及び断続アーク放電を組み合わせるアーク放電を発生する放電発生手段と、金属粉末若しくは金属化合物の粉末若しくはセラミックス系材料の粉末又は前記粉末の混合物を圧縮成形した後、前記電極材料中のつなぎとして用いる材料の一部が溶融する温度で焼成して形成された電極とを備えるものである。

第22の発明に係る放電表面処理装置は、第21の発明において、前記焼成温度を400℃以上1100℃未満の温度範囲とするものである。

第23の発明に係る放電表面処理装置は、第21の発明において、前記電極と前記被加工物との間に不活性ガスを介させる不活性ガス供給手段を備えるものである。

第24の発明に係る放電表面処理装置は、第21の発明において、前記電極と前記被加工物とをX方向、Y方向、及びZ方向に相対移動させるX軸駆動装置、Y軸駆動装置、及びZ軸駆動装置とを備えるものである。

この発明は、前記のように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。

第1の発明に係る放電表面処理用電極は、旋削、研削、研磨等の機械的な除去加工又は放電加工による除去加工により簡単に成形することができると共に、この電極を用いた放電表面処理において、被加工物に形成される硬質被膜の形成速度が低下しないという効果がある。

第2の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明と同様の効果を奏すると共に圧縮成形時の成形性が著しく向上する効果がある。

第3の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明と同様の効果を奏する。

第4の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明と同様の効果を奏すると共に、この電極を用いた放電表面処理において、潤滑性、高温強度、耐摩耗性等の特別な機能を付与することができる硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第5の発明に係る放電表面処理用電極は、第1の発明又は第2の発明と同様の効果を奏すると共に、この電極を用いた放電表面処理において、より緻密で硬度のむらがない、良質な硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第6の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、旋削、研削、研磨等の機械的な除去加工又は放電加工による除去加工により簡単に成形することができる放電表面処理用電極が得られ、この電極を用いた放電表面処理において、被加工物に形成される硬質被膜の形成速度が低下しないという効果がある。

第7の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明と同様の効果を奏すると共に圧縮成形時の成形性が著しく向上する効果がある。

第8の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、

第6の発明又は第7の発明と同様の効果を奏する。

第9の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明又は第7の発明と同様の効果を奏すると共に、この製造方法により製造された電極を用いた放電表面処理において、潤滑性、高温強度、耐摩耗性等の特別な機能を付与することができる硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第10の発明に係る放電表面処理用電極の製造方法は、第6の発明又は第7の発明と同様の効果を奏すると共に、この製造方法により製造された電極を用いた放電表面処理において、より緻密で硬度のむらがない、良質な硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第11の発明及び第12の発明に係る放電表面処理方法は、放電表面処理用電極の成形が容易にできると共に効率的に被加工物に硬質被膜を形成することができ、金型、工具、機械要素部品等の様々な機械部品への適用が可能となる放電表面処理方法が得られる効果がある。また、電極の面積とほぼ等しい面積に硬質被膜を被加工物上に堆積できるため、マスキング処理が不要となる効果もある。

第13の発明の放電表面処理方法は、第11の発明と同様の効果を奏すると共に構成が簡単になる効果がある。

第14の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明と同様の効果を奏すると共に、小形の電極を用いて走査させながら加工することができ、大形の特定形状の焼結電極を用いる必要がなく、金型等の3次元自由曲面を持つ被加工物の全曲面にわたって前記小形の電極を走査させ、全面積において等しく、あるいは必要に応じて膜厚を変化させながら硬質被膜を形成することができる効果がある。

第15の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明と同様の効果を奏すると共に、潤滑性、高温強度、耐摩耗性等の特別な機能を付与することができる硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第16の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明と同様の効果を奏すると共に、より緻密で硬度のむらがない、良質な硬質被膜を被加工物に形成することができる効果がある。

第17の発明に係る放電表面処理方法は、第11の発明と同様の効果を奏すると共に、製造時間が短く、安価かつ高精度な硬質被膜被覆金型が得られる効果がある。また、耐久性が高く、摩耗した場合でも簡単な修正作業のみで繰り返し使用できる硬質被膜被覆金型が得られる効果がある。

第18の発明に係る放電表面処理方法は、第17の発明と同様の効果を奏すると共に、金型の摩耗が大きい部分に摩耗が小さい部分よりも厚い硬質被膜を形成するため、さらに耐久性が高い硬質被膜被覆金型が得られる効果がある。

第19の発明に係る放電表面処理方法は、第17の発明と同様の効果を奏すると共に、金型の再製造の必要がなく、金型の使用が半永久的となり、金型の製造及び維持コストの大幅な節約ができ、さらに金型に使用する材料の量が極端に少なくなるため、省エネルギー及び環境への配慮に適した硬質被膜被覆金型が得られる効果がある。

第20の発明に係る放電表面処理方法は、第19の発明と同様の効果を奏すると共に、金型の修正を極めて短時間で完了することができる効果がある。

第21の発明及び第22の発明に係るに係る放電表面処理装置は、放電表面処理用電極の成形が容易にできると共に効率的に被加工物に硬質被膜を形成することができ、金型、工具、機械要素部品等の様々な機械部品への適用が可能となる放電表面処理装置が得られる効果がある。また、電極の面積とほぼ等しい面積に硬質被膜を被加工物上に堆積できるため、マスキング処理が不要となる効果もある。

第23の発明の放電表面処理装置は、第21の発明と同様の効果を奏すると共に、装置を簡単に構成できる効果がある。

第24の発明に係る放電表面処理装置は、第21の発明と同様の効果を奏すると共に、小形の電極を用いて走査させながら加工することができ、大形の特定形状の電極を用いる必要がなく、金型等の3次元自由曲面を持つ被加工物の全曲面にわたって前記小形の電極を走査させ、全面積において等しく、あるいは必要に応じて膜厚を変化させながら硬質被膜を形成することができる効果がある。

図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施の形態1の放電表面処理用電極の製造方法を示す説明図である。

第2図は、この発明の実施の形態1の放電表面処理用電極材料にワックスを混入して成形する方法を示す説明図である。

第3図は、ワックスの蒸気圧曲線の一例を示す図である。

第4図は、この発明の実施の形態2の放電表面処理方法及び装置の概念を示す構成図である。

第5図は、この発明の実施の形態2の電極の主成分にTiCを用いた場合の単発放電によって形成された硬質被膜の拡大写真である。

第6図は、この発明の実施の形態2の連続放電による硬質被膜の堆積状況を示す写真である。

第7図は、この発明の実施の形態2の電極走査方式の加工方法を示す概念図である。

第8図は、この発明の実施の形態2の気中放電による放電表面処理方法を示す説明図である。

第9図は、この発明の実施の形態2のTiCを主成分とした予備焼結状態となるように焼成された電極を用いて形成された被加工物上の硬質被膜のX線回折結果を示す

ものである。

第10図は、この発明の実施の形態2の形成した硬質被膜等のビッカース硬度の測定結果を示す図である。

第11図は、この発明の実施の形態3の特別な機能を付与することができる硬質被膜の形成方法の説明図である。

第12図は、この発明の実施の形態5の放電表面処理方法を精密鍛造金型に適用した場合の説明図である。

第13図は、この発明の実施の形態5の金型を製造、使用する工程の例を示す図である。

第14図は、この発明の実施の形態6のプレス金型への応用を示す図である。

第15図は、この発明の実施の形態7の金型寿命を向上させるために摩耗の程度により硬質被膜の厚さを変化させる方法を示す図である。

第16図は、従来の放電表面処理方法を示す構成図である。

第17図は、従来の精密鍛造金型として用いられるダイスヘッダ用金型を示す写真である。

第18図は、従来のコネクティングロッド鍛造金型を示す写真である。

第19図は、従来の金型の製造工程の例を示す図である。

第20図は、従来の放電加工と高速切削を用いる方法とのコネクティングロッド型の製造時間の比較例を示す図である。

第21図は、従来の放電表面処理により形成された被膜の写真である。

発明を実施するための最良の形態
実施の形態1.

第1図はこの発明の実施の形態1の放電表面処理用電極の製造方法を示す説明図であり、ここでは、一例としてWC粉末とCo粉末を混合した粉末からなる放電表面処理用電極を製造する場合について説明する。第1図において、11は圧粉体、12はWC粉末、13はCo粉末、13aは一部溶融したCo粉末、14は放電表面処理用電極、21は真空炉、22は高周波コイル、23は真空雰囲気である。

WC粉末とCo粉末を混合し圧縮成形してなる圧粉体11は、WC粉末12とCo粉末13を混合して圧縮成形しただけでもよいが、ワックスを混入した後圧縮成形すれば圧粉体11の成形性が向上するためより望ましい。以下において、ワックスを混入して成形する方法について第2図により説明する。第2図(a)の真空炉21中の圧粉体11において、15はパラフィン等のワックスである。このようにワックス15をWC粉末12とCo粉末13を混合した粉末に混合して圧縮成形することにより、圧粉体11の成形性を著しく向上させることができる。しかし、ワックス15は絶縁性物質であるため、電極中に大量に残ると、電極の電気抵抗が大きくなるため放電性が悪化する。そこで、ワックス15を除去することが必要になる。第2図の(a)

はワックスを混合した圧粉体電極を真空炉21に入れて加熱する様子を示しており、真空雰囲気23内で加熱を行っているが、水素やアルゴンガス等のガス中であってもよい。真空炉21中の圧粉体11を真空炉21の周りに設置した高周波コイル22により高周波加熱する。この時、加熱温度が低すぎるとワックス15が除去できず、温度が高すぎるとワックス15がすすになってしまい、電極の純度を劣化させるので、ワックス15が溶融する温度以上かつワックス15が分解してすすになる温度以下に保つ必要がある。例として250℃の沸点を有するワックスの蒸気圧曲線を第3図に示す。真空炉21の気圧をワックス15の蒸気圧以下に保つと、第2図の(b)に示すようにワックス15が蒸発して除去され、WCとCoからなる圧粉体11を得ることができる。

次に、第1図の(a)のように、真空炉21中の圧粉体11を、高周波コイル22により高周波加熱し、機械加工に耐えうる強度を圧粉体11に与え、かつ硬化しすぎないように、例えば白墨程度の硬度まで焼成する(以下において予備焼結状態と呼ぶ)。この状態ではCo等の鉄族金属が溶出し始め炭化物の隙間を埋めるようになり、いわゆる炭化物の固溶体を作っている。また、一方では炭化物間の接触部においては相互に結合が進むが比較的焼結温度が低く本焼結に至らない温度のため弱い結合となっている。

このような予備焼結状態に焼成する温度条件は、電極材料によって異なるが、予め実験によって決定することができる。例えば、WC粉末とCo粉末(重量比で8:2)を混合し圧縮成形した場合では、600℃にて1時間保持して焼成することにより予備焼結状態とすることができ、また、TiC粉末とTiH₂粉末(重量比で9:1)を混合し圧縮成形した場合では、900℃にて1時間保持して焼成することにより予備焼結状態とすることができる。

このように、予備焼結状態となるように焼成する温度は、硬い材料(例えばWC粉末)に対して、つなぎとして用いる軟らかい材料(例えばCo粉末)の一部が溶融する温度に設定すればよい。この温度は軟らかい材料の融点よりかなり低い温度となり、硬い材料と軟らかい材料との混合比によって変化する。即ち、硬い材料に対して、つなぎの軟らかい材料の比率が大きくなると、予備焼結状態とするための焼成温度を下げる必要がある。しかし、つなぎの軟らかい材料の比率を大きくして、硬い材料の比率が小さくなると、被加工物に対する硬質被膜形成の効率が低下するため、つなぎの軟らかい材料の比率には実用的限界があり、従って予備焼結状態とするための焼成温度には下限が存在する。即ち、予備焼結状態とするための焼成温度は400℃以上が望ましい。

さらに重要な点は、予備焼結状態となるように焼成する温度を1100℃以上に上げないことである。この温度を超えると電極が硬化しすぎ、次に行う放電加工において、電極材料がアーク放電による熱衝撃によって不均一

に脱落し極間に正常に供給されない不具合が生じ、被加工物に形成される被膜の品質に大きく影響する。

以上のように圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成された放電表面処理用電極は、旋削、研削、研磨等の機械的な除去加工又は放電加工による除去加工により簡単に成形することができると共に、この電極を用いた放電表面処理において、被加工物に形成される硬質被膜の形成速度が低下しないという特徴がある。

実施の形態2.

10 第4図は、この発明の実施の形態2の放電表面処理方法及び装置の概念を示す構成図であり、図において、14は放電表面処理用電極、16は被加工物2の上に形成された硬質被膜、31は送り用モータ、32は送りねじである。また、3は加工槽、4は絶縁性の油あるいは水を主体とした加工液、5は放電表面処理用電極14と被加工物2に印加する電圧及び電流のスイッチングを行うスイッチング素子、6はスイッチング素子5のオン・オフを制御する制御回路、7は電源、8は抵抗器である。ここで、放電表面処理用電極14は実施の形態1と同様の圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成された電極であり、送り用モータ31は図示しない制御系により、送りねじ32を介して、放電表面処理用電極14を被加工物2に向かってサーボ送り、定速送り等の必要な制御モードで送ることができる構成を持っている。

前記の加工液4は、絶縁性の油あるいは水を主体とするものであるが、加工液4に絶縁性の油を使用する場合は、広く普及した放電加工機の技術をそのまま応用できること、機械構成が比較的簡単に構成できること等の利点がある。また、加工液に水を使用すると、反応と同時に水酸化物を生成することもあり、高品質の膜を必要とする場合には問題が発生する可能性がある。しかし、現在では広く普及しているワイヤ放電加工機の無電解電源を用いると、前記欠点を最小限に抑えることができ、加工液に水を使用する場合でも、実用的には加工液に絶縁性の油を使用する場合と同一性状の硬質被膜を形成できる。

次に、硬質被膜16の形成方法について説明する。放電表面処理用電極14と被加工物2の間に断続あるいは連続のアーク放電を電源7より発生させると、極間はアーク熱により局部的に高温状態となる。以下においては、説明を容易とするため、パルス状の断続アーク放電を想定して説明する。断続アーク放電を発生させる手段としては最も普及している放電加工用の電源を用いると理解は容易となる。ただし、波形、電流値、その他の条件は必要に応じて最適化させる必要がある。まず一発のアーク放電が発生するとその熱衝撃エネルギーによって放電表面処理用電極14の被加工物2に対向する部分において、一部の電極材料が極間に脱落すると同時に粉状になって放出される。極間は瞬間的には数千℃以上の高温プラズマ状態となり電極材料の大半は完全な溶融状態となる。電

極に対向する被加工物の表面もアーク放電の発生位置においては瞬間に加熱され、電極材料と同様に熔融状態となる。この高温状態において熔融した電極材料及び被加工物が相互に混ざり合い、電極材料と被加工物の母材との合金相が被加工物に形成される。次に、極間及びその周囲に加工液が存在するため急激に冷却され、高温状態から冷却の過程において、鉄族金属の液相及び炭化物である固相間の界面反応又は炭化物同士の固相間の固溶体化反応が一瞬にして起こり、極めて短時間のうちに本焼結が行われる。このようにして、硬質被膜16が被加工物2上に形成される。この工程を繰り返していくと、形成された硬質被膜の表面と電極材料との熔融反応が繰り返し行われることになり、時間の経過と共に被膜の堆積が進行して厚膜を形成することができる。

また、実際の加工においては、安定してアーク放電を維持するためには極間サーボを行う必要がある。ここでいう極間サーボとは、放電表面処理用電極と被加工物との間隙若しくは加工に伴う極間電圧を一定に維持するための動作であり、電極の消耗に伴う送り制御も含まれる。さらに、加工の途中においては、時々刻々と変化する極間間隙にに応じて一定の間隙に維持するため、あるいは一定の極間電圧に維持するために電極送りを行う必要がある。これらの一連の制御動作を極間サーボという。

第5図は電極の主成分にTiCを用いた場合の単発放電によって形成された硬質被膜の拡大写真であるが、これは後で説明するX線回折の分析結果を見ても、一瞬の反応において硬質被膜が形成されていることが判明している。また、第6図は、連続放電による硬質被膜の堆積状況を示しており、それぞれの単発放電による硬質被膜が折り重なるようにして堆積していく様子が明確に観察できる。このように、圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成された放電表面処理用電極を用いて断続的なアーク放電を被加工物との間に発生させると、被加工物母材に硬質被膜が形成できる。

以上において、単発放電によって瞬間的に硬質被膜の形成が可能であることを説明したが、連続したアーク放電によっても硬質被膜の形成が可能である。断続的な放電は被加工物の温度上昇を抑える意味においては効果があるが、一方において被加工物の表面温度が比較的低温になり易く、硬質被膜の形成密度はやや不足する。これを回避するためには連続したアーク放電を発生させることが必要となるが、この場合はアーク放電が一箇所に集中して異常加工を引き起こすことになり易い。このため、温度を高温に維持しながら安定したアーク放電を発生させ、かつ極間のサーボを行うためには、連続したアーク放電と断続的なアーク放電の組み合わせがよい。数 μ 秒周期のアーク放電から数秒間隔の連続したアーク放電を組み合わせ用い、硬質被膜の形成条件に応じてこの組み合わせを最適化させることにより、より緻密な被膜を高速にかつ確実に堆積させることが可能となる。

また、この発明の方法では、電極の面積とほぼ等しい面積に硬質被膜を被加工物上に堆積できる。これは他の方法においては例を見ないものであり、極めて大きな特徴である。従来の物理蒸着、化学蒸着等は部分処理するためにはメッキ等のマスキング処理を施す必要があるが、この発明の方法ではその必要はなく、必要な断面積の電極を予め形成し加工すればよいだけである。また、加工面積が大きい場合は小形の電極を用いてフライス加工のように走査させながら加工することもでき、大形の特定形状の電極を用いる必要がない。このような電極走査方式の加工方法について、第7図にその概念を示す。図示しないX軸駆動装置、Y軸駆動装置、及びZ軸駆動装置により、放電表面処理用電極14と被加工物2をX方向、Y方向、及びZ方向に相対移動させながら、被加工物2の表面に硬質被膜16を形成する。例えば、被加工物2が金型の場合を考えると、その表面は平面ではなく三次元形状の複雑な自由曲面を持つが、前記のX軸駆動装置、Y軸駆動装置、及びZ軸駆動装置により、前記小形の電極を金型の自由曲面に沿って間隙を一定にあるいはサーボ電圧を一定に維持しながら走査すればよい。この場合、電極の消耗が非常に速いため、電極消耗に対する補正送りが必要になり、電極を支持する主軸のZ方向の運動制御を正確にかつ速く行う必要がある。以上のような動作を繰り返し、金型を構成する全曲面にわたって電極を走査させ、全面積において等しく、あるいは必要に応じて膜厚を変化させながら硬質被膜を堆積させることができる。

次に加工液の役目について説明する。第4図において、放電表面処理用電極14と被加工物2との間に加工液4を介在せしめているが、この加工液4の目的は、放電を安定して発生させ加工を維持すること、放電による熱の除去、及び被加工物上の硬質被膜形成に寄与できない脱落した電極材料を極間から排出することであり、このような加工液の存在は極めて重要である。しかし、加工液4には、従来技術のように反応生成物を生成するための原料を供給するという役目はなく、硬質被膜形成のための必須要件ではない。

前記のように加工液は必須要件ではないため、この発明においては気中放電も可能となる。以下において、気中放電による放電表面処理方法について説明する。第8図において、17はガス源であり、配管を経由して放電表面処理用電極14の内部に設けられた通路18に接続される。電源7による通電中に、ガス源17より空気又は窒素ガス等の不活性ガスを必要な量だけ供給する。供給パイプ19は電極内部に通路を設けられない場合に、電極外部よりガスを供給する例を示すものであり、極間に向けてガスが噴出される。ガスの供給は前記の加工液の役目と同様であり、このガスの供給がないと、被加工物上の硬質被膜形成を安定して行うことは困難である。使用するガスの種類としては、環境面を考慮して、空気又は窒素

ガスが適当である。

以下において、形成した硬質被膜の代表的な性質について実験データを基に説明する。第9図はTiCを主成分とした圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成された電極を用いてWCで構成された被加工物上に硬質被膜を形成した場合の、硬質被膜のX線回折結果を示すものであり、表面には電極の主成分であるTiCを筆頭に、被加工物であるWC、さらには反応生成物 $\text{Co}_3\text{W}_9\text{C}_4$ 等の析出が認められる。また、第10図は形成した硬質被膜等のビッカース硬度を測定したものであり、被加工物（母材）の硬度がHV=1300程度であるのに対して、放電表面処理による硬質被膜はHV=2800程度と硬度が上昇しており、硬質被膜の主成分は明らかにTiCであることを証明している。参考までにTiCの硬度も図中に示している。実施の形態3。

次に、この発明の実施の形態3である、潤滑性、高温強度、耐摩耗性等の特別な機能を付与することができる硬質被膜の形成方法について説明する。

まず、自己潤滑機能を持つ材料の混入について説明する。一般にMo、BN、Cr等は自己潤滑機能を有する。これらの粉体材料を電極材料に一定の比率で混在させた後、圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成した電極を用いて放電加工を行うと、被加工物に形成された硬質被膜の中に自己潤滑機能を持つ材料が混在して閉じ込められることになる。この硬質被膜表面を研削加工すれば、研削面は自己潤滑機能を持つ材料の特性により無潤滑又は極めて少量の給油で潤滑特性を実現させることができる。このように、表面は硬質被膜材料で構成され、その内部に自己潤滑材が混在する理想的な補完関係が生まれ、高耐久性及び低摩擦係数を有する摺動部を実現できる。

第11図において、20は粒状の混入物であり、前記の電極材料の主成分の平均粒度に対して、例えば2倍以上かつ極間間隙より小さい粒度とすればよい。高温状態でも粒状の混入物20は熱分解せずに存在し、そのままの状態ですべて硬質被膜に閉じ込められる必要があるため、粒状の混入物20の粒度は大きくし、他の炭化物との固溶体を形成しないような配慮が重要であり、固溶体を形成しない大きさとしては、主成分の平均粒度に対して、最低でも2倍以上の大きさを持つ粒度が必要であるからである。また、粒度を大きくしていくと電極から脱落し被加工物に向かう途中において極間を塞ぎ短絡を発生させる点等を考慮し、粒状の混入物20の粒度は極間の間隙より小さくする必要があるからである。

次にセラミックスの混入について説明する。アルミナ(Al_2O_3)は高温下における優れた特性を持つため、硬質被膜に一定の比率で混在させると高温強度、耐摩耗性を大きく改善させることができる。アルミナは単体では導電性がないため、放電表面処理による被加工物への堆積加工は不可能であるが、導電性の超硬合金系の電極材

料に一定の比率で混入させ導電性を維持しながら、圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成した電極で放電を発生させると、被加工物上に硬質被膜を形成することができ、同時にこの硬質被膜の内部にアルミナが混入することになる。この場合、アルミナの特性を引き出すためには、アーク放電によってアルミナが分解されないように、かつアルミナが硬質被膜に閉じ込められるように、アルミナをある程度の大きさを持つ固まり（第11図参照）として放電表面処理用電極14に入れるのが望ましい。例えば、数 μm ～数十 μm 程度の大きさであれば極めて短時間の高温下でも耐えられ急速に冷却するため、固まりのまま被加工物上の硬質被膜に封じ込まれる。このようにしてできた被膜は、液相から冷却してできた硬質被膜と固溶体化されずそのまま閉じ込められたアルミナの固まりの2相構成であり、両方の相の特質を発揮することができる。

次にTiN等の窒化物の混入について説明する。硬質被膜にTiN等の窒化物を混入させる主な目的は、靱性と耐熱性を向上させるためである。前記の窒化物は導電性がないため、単体ではアーク放電加工による硬質被膜の形成は不可能であるが、導電性を維持できる程度の混入率で窒化物を電極材料に混入し、圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成した電極を用いれば放電加工は可能となる。この場合も前記のアルミナの混入の場合と同様に、高温における分解の危険性があるため、その熱分解を避けるため比較的大きな粒（数十 μm の固まり、第11図参照）の状態で電極に閉じ込めて圧縮成形した後に予備焼結状態となるように焼成した電極を使用する。この電極を用いてアーク放電させると被加工物上に形成される硬質被膜に窒化物の固まりが封じ込まれるため、硬質被膜の相と固まりとしての窒化物の固相の共存した硬質被膜が形成される。この被膜は本来の硬質被膜の性質と窒化物の靱性の高い性質、高温強度の高い性質等が発揮され、切削工具や金型等への応用において極めて優れた性能を発揮することができる。

実施の形態4。

次に、この発明の実施の形態4である、より緻密で硬度のむらがない、良質な硬質被膜を被加工物に形成できる放電表面処理方法について説明する。

本来の焼結による超硬合金等の硬質被膜の形成は、焼結する圧粉体を真空炉等において液相出現温度以上において長時間保持して焼結するものである。しかしながら、この発明のアーク放電を用いて硬質被膜を形成する方法は反応時間としては、極めて短く、かつ真空炉による焼結維持温度以上の極めて高い温度のもとに硬質被膜を形成（本焼結）するため、不完全な性質を持つ硬質被膜が形成される可能性がある。

このような問題を解決するための方法を説明する。予め本来の焼結による超硬合金の粒（数十 μm 程度の固まり）を一定量電極材料に混ぜた後、圧縮成形した後、予

備焼結状態となるように焼成して電極を作り、この電極を用いて放電加工を行なう。粉状の電極成分と固まりの電極成分が同時に極間に放出され、粉状の電極成分は高温において液相化後冷却され硬質被膜を作ると同時に固まりの電極成分は温度が十分上昇しないため、固体性状を維持することになり、固まりを含む硬質被膜を作ることができる。このようにしてできた硬質被膜は粉体だけの電極を用いて形成する硬質被膜よりも組織が緻密で硬度のむらがなく、極めて良質の被膜となる。

実施の形態5.

第12図はこの発明による放電表面処理方法を第17図に示したような精密鍛造金型に適用した場合の説明図であり、図において、16は金型母材100の表面に被覆された硬質被膜である。まず金型母材100を機械加工によって予備加工する。第12図の例では、六角状の穴加工を行う。この金型母材100は通常は熱処理を施さずに使用する。必要に応じて最低限の熱処理を施す場合もあるが、硬度は比較的低く設定し、ロックウェル硬さ（Cスケール）HRC=30程度までとする。その理由は機械加工による被削性を維持するためであり、これ以上の硬度になると工具の摩耗が著しく進み、金型製作コストが上昇してしまうためである。次に、予備加工された金型母材表面に、実施の形態1～4に示したような予備焼結状態となるように焼成した電極によって厚膜の硬質被膜を形成する。この方法としては、例えば実施の形態2の第7図に示した方法を用い、被加工物上に硬質被膜を形成する。この硬質被膜の厚さは実用的には0.5～1.0mm程度とする。次に、銅電極若しくは、グラファイト電極等を用いた放電加工、又はワイヤ放電加工によって寸法出しを行い、金型として完成させる。

第12図の金型は第17図に示した金型とほぼ同一の品質を有し、長寿命を実現できる。

また、このような放電表面処理方法によれば、どのような大きさ及び形状の金型にでも対応できる利点がある。

第13図は、第12図のような金型を製造し、使用する工程を示すものであり、まず第1工程で、金型母材への予備加工と電極成形加工が行われる。次に、第2工程では実施の形態1～4に示したような予備焼結状態となるように焼成した電極による放電表面処理により、予備加工された金型表面に対して硬質被膜の堆積加工が施される。この場合、二次加工を想定して数mm程度の厚さまで硬質被膜を堆積させてもよい。次に、第3工程として放電加工によって二次加工され、実際に必要な金型の寸法出しを行う。その後は金型として実際に使用する。このような金型は、硬質被膜の厚膜により抜群の耐久性を持っている。金型の使用が進行した場合には、金型の摩耗や部分的な破損等が発生することがあるが、硬質被膜の厚膜により耐久性が高いため、第4工程に示すように、前記予備焼結状態となるように焼成した電極による放電

表面処理により、破損部分にのみ修正加工を施して使用することができる。従って、金型の再製造の必要はなく、前記第4工程を繰り返して行うことにより、金型の半永久的な使用が可能となる。特に製造コストが高い大形の金型においては、製造及び維持コストの大幅な節約ができ、さらに金型に使用する材料の量が極端に少なくなるため、省エネルギー及び環境への配慮の観点からも最適な使用方法といえる。

実施の形態6.

- 10 第14図は、この発明の実施形態6である、プレス金型への応用を示す説明図である。第14図の（a）及び（b）に示すように、実施の形態1～4に示したような予備焼結状態となるように焼成した電極14により、ダイの切刃140の内側に放電表面処理を施し、第14図の（c）のように硬質被膜16を形成する。また、第14図の（d）のパンチ136の外周及びパンチの切刃138の角にも硬質被膜を形成する。その後、第14図の（e）に示すようにワイヤ電極150で切刃139の放電加工を行い、所定の寸法精度に仕上げる。また、第14図の（d）には、研削砥石151による研削加工により、パンチの切刃138の外周を仕上げる例を示している。このように、前記の予備焼結状態となるように焼成した電極を用いて放電表面処理を施すことにより、金型表面に硬質被膜の厚膜を容易にかつ短時間で形成でき、その後の二次加工によって金型を正規寸法に仕上げることににより、高品質の金型が製造できる。

実施の形態7.

- 次に、この発明の実施の形態7である、金型への応用上の工夫について説明する。実際の金型では摩耗部分は一部に限定され、局部的な摩耗が全体の寿命になる場合がほとんどである。このような場合に、寿命を向上させるために、第15図に示す方法が考えられる。即ち、第15図の（a）において、特に摩耗の激しい金型上面（パーティングライン）105と金型の入り口付近に厚い被膜を形成するものである。この実現方法としては、第7図に示した単純電極による走査方式による方法、又は第15図の（b）に示すような総型電極112を用いる方法で行うことが可能である。金型の底面付近は、圧縮荷重が作用する場合には、ほとんどの場合摩耗が少なく、相対的に薄い被膜とできるか、あるいは被膜形成を省略できる場合もある。

- 次に、第15図の（b）のような総型電極の製作方法について説明する。まず、現在使用している金型そのものを使用して圧縮成形した圧粉体電極を作り、その後予備焼結状態となるように焼成して図のような総型電極を作ることが可能であり、電極の製作時間を大幅に短縮することができる。これが可能になるのは、予備加工においては、次の放電表面処理工程で被膜を堆積させる分を考慮して金型を仕上げる必要があり、現在使用している金型により総型電極を製作しても、予備加工後に行う放電

23

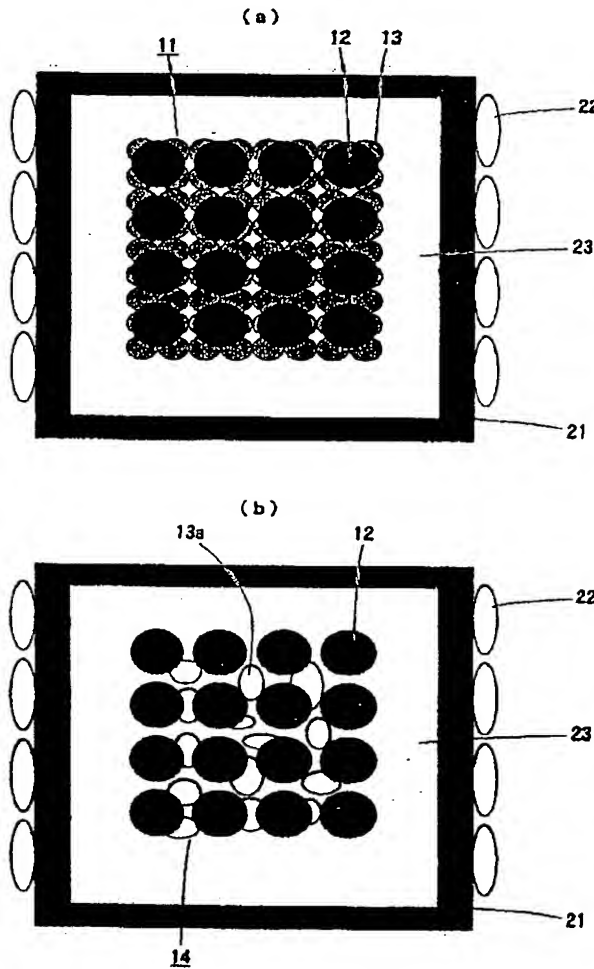
24

表面処理工程に必要な間隙を維持することができるためである。このような総型電極を製作しておいた場合には、金型が摩耗しても放電表面処理による局所的な硬質被膜の堆積が簡単に可能となり、金型の修正を極めて短時間に完了することができる。また総型電極の製造のために別の型を製造する必要もない。

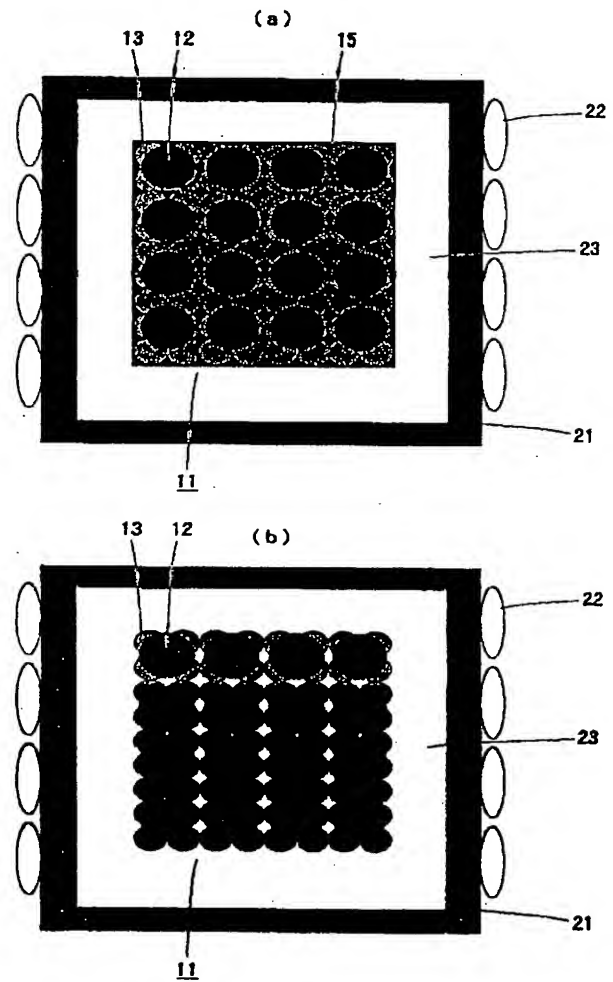
産業上の利用可能性

以上のように、この発明に係る放電表面処理用電極及びその製造方法並びに放電表面処理方法及び装置は、被加工物表面に硬質被膜を形成する表面処理関連産業に用いられるのに適している。

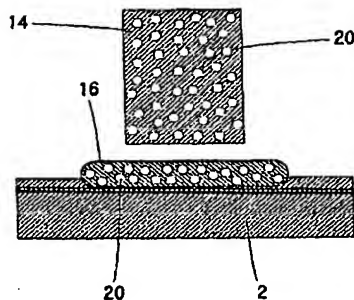
【第1図】



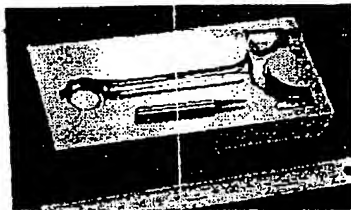
【第2図】



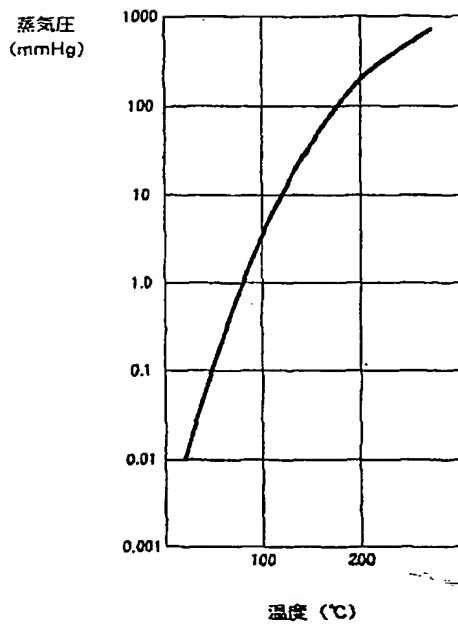
【第11図】



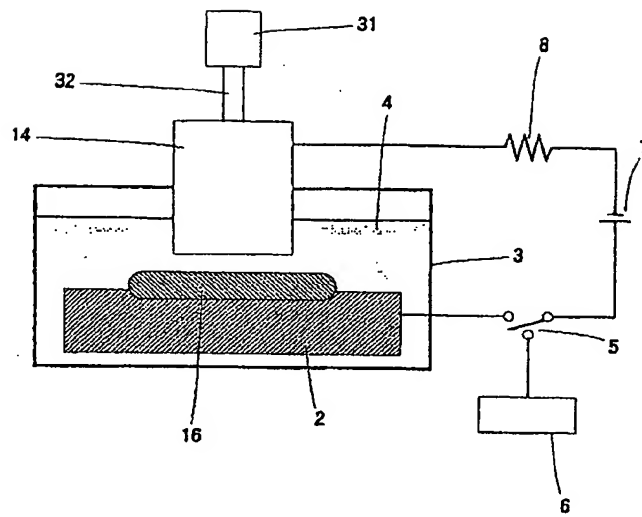
【第18図】



【第3図】



【第4図】

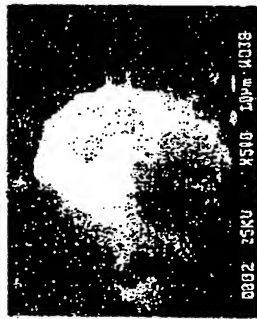


【第6図】

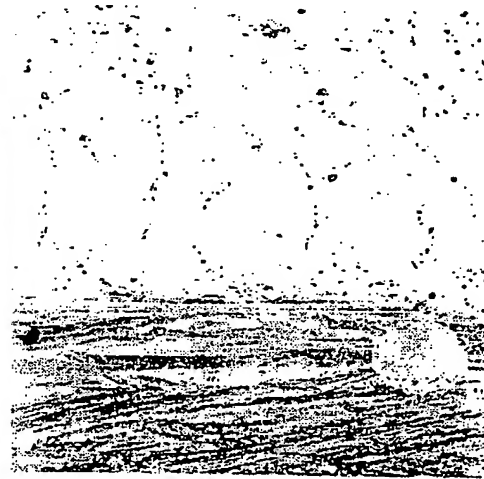
【第5図】



SEI像



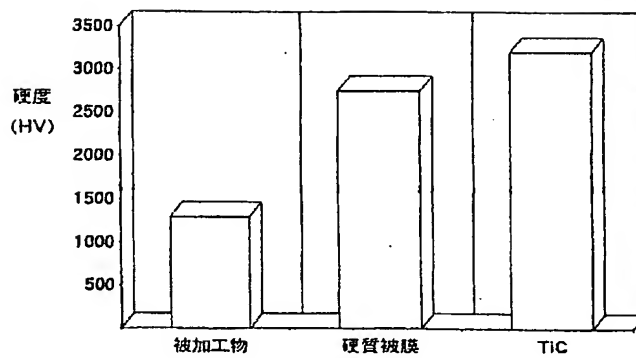
Ti-Kα像



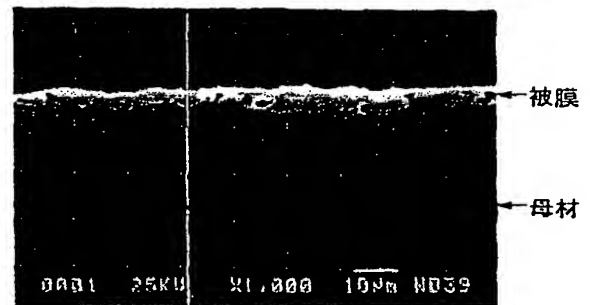
被膜

母材

【第10図】



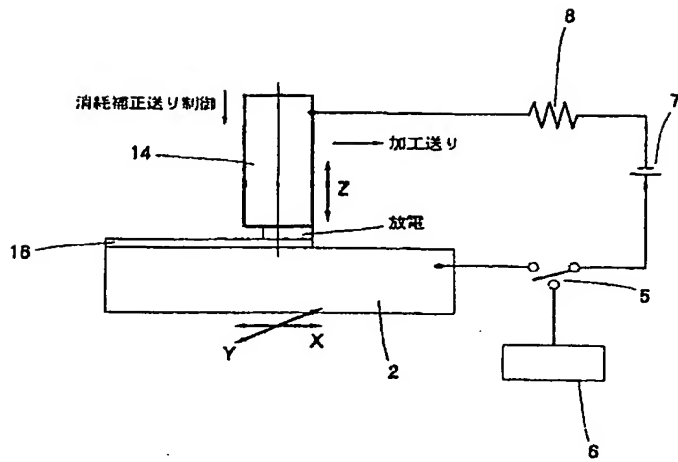
【第21図】



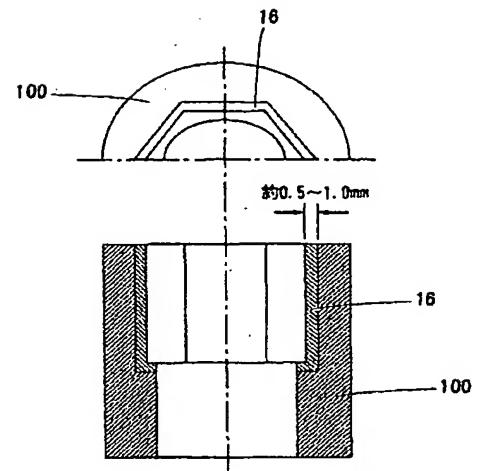
被膜

母材

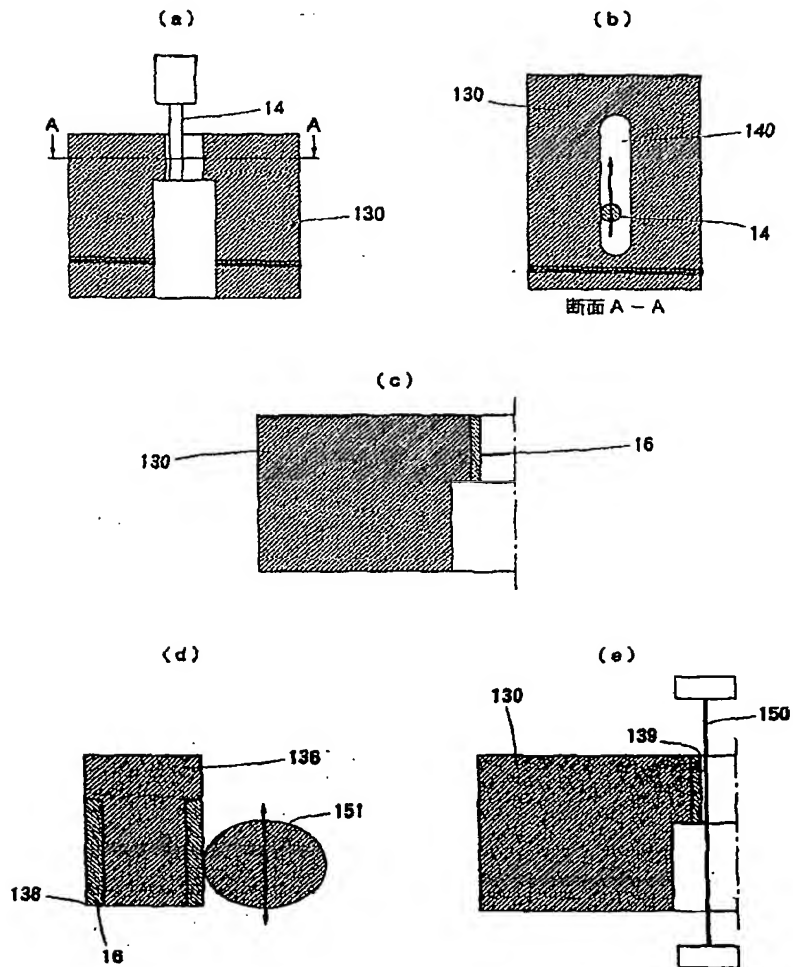
【第7図】



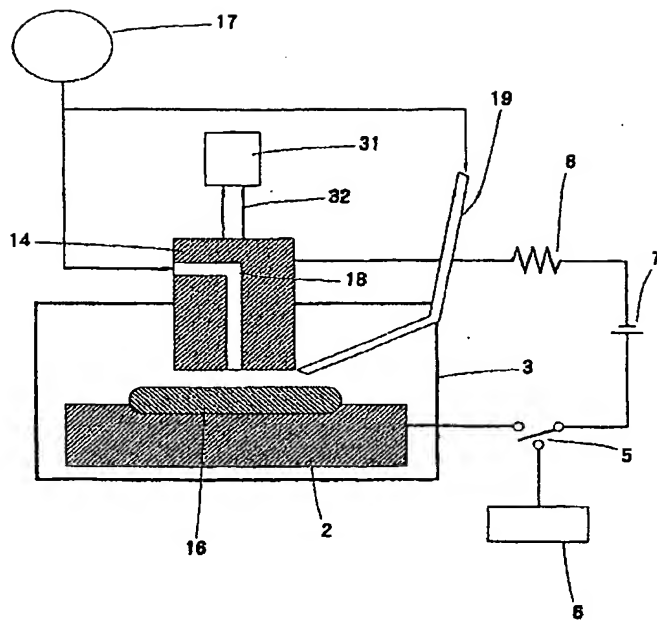
【第12図】



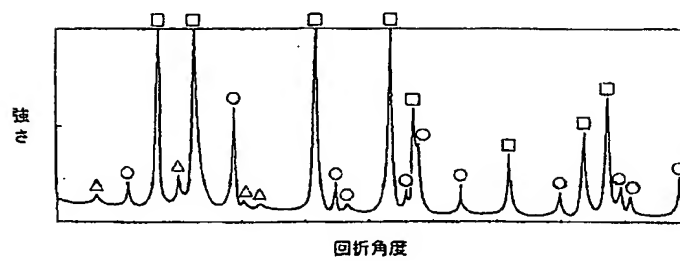
【第14図】



【第8図】

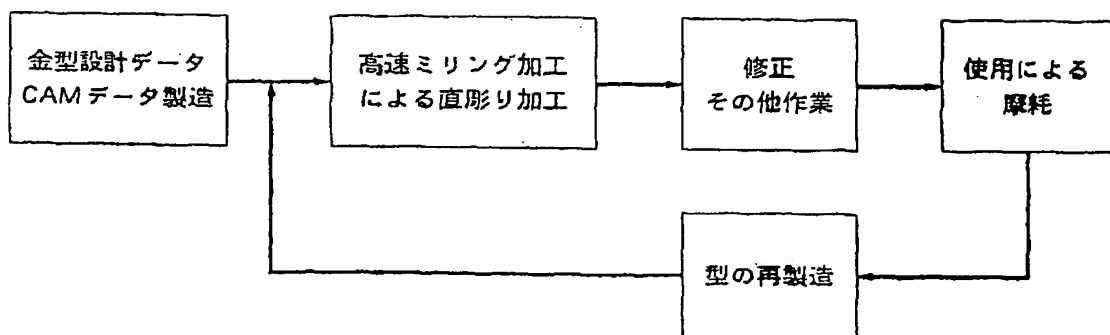


【第9図】

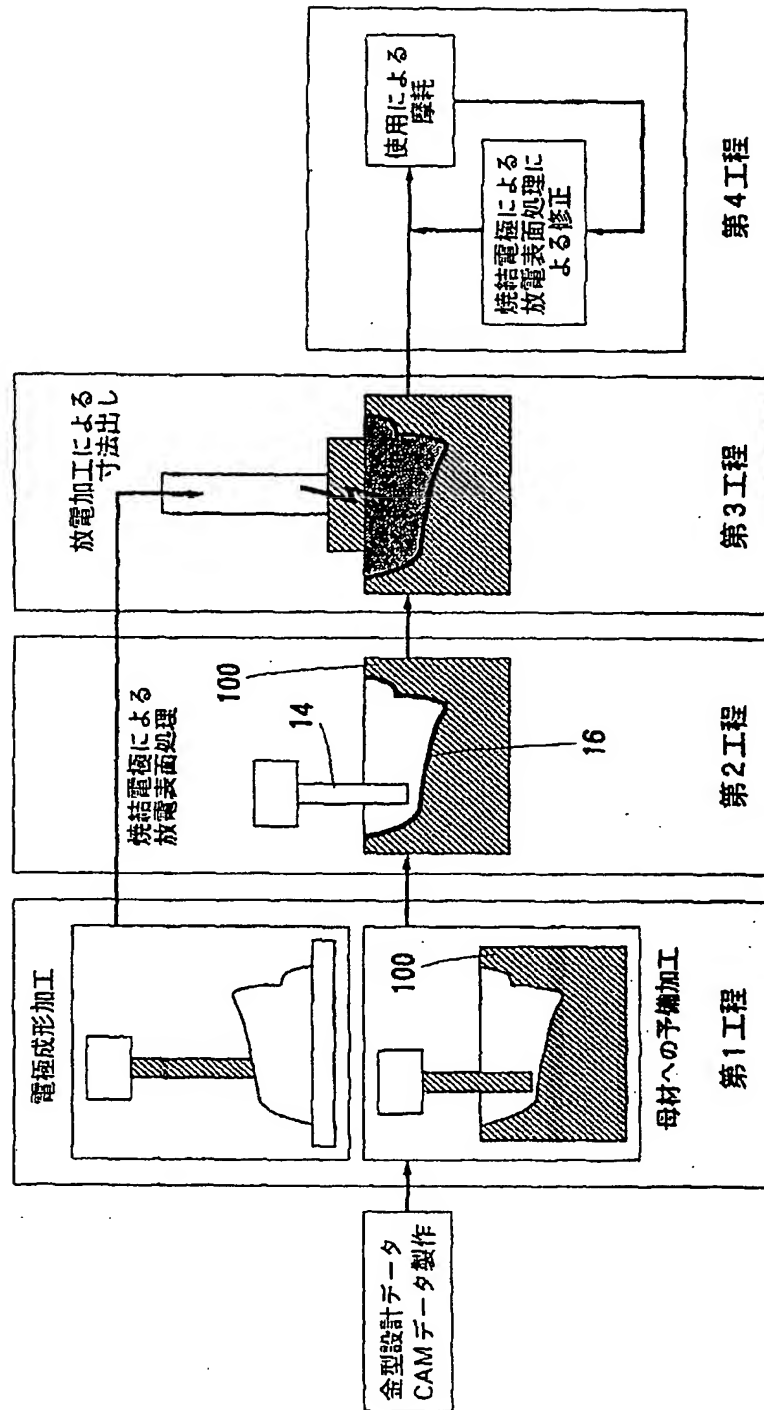


□: TiC
○: WC
△: $\text{Co}_3\text{W}_9\text{C}_4$

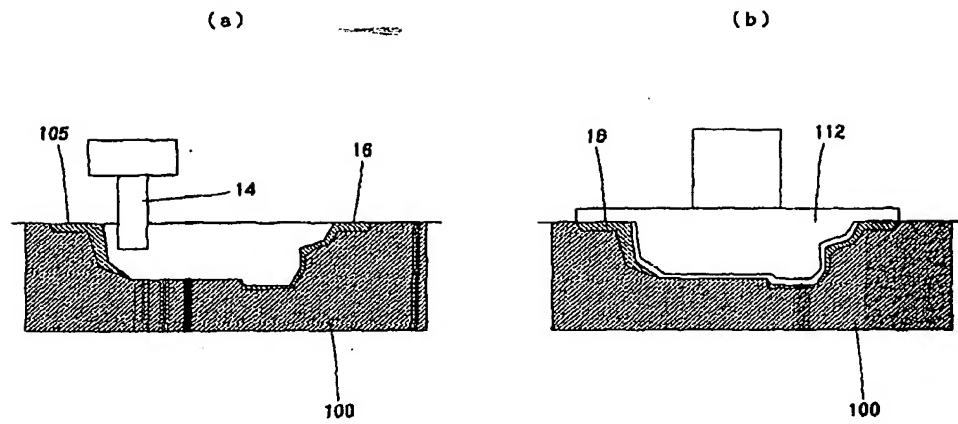
【第19図】



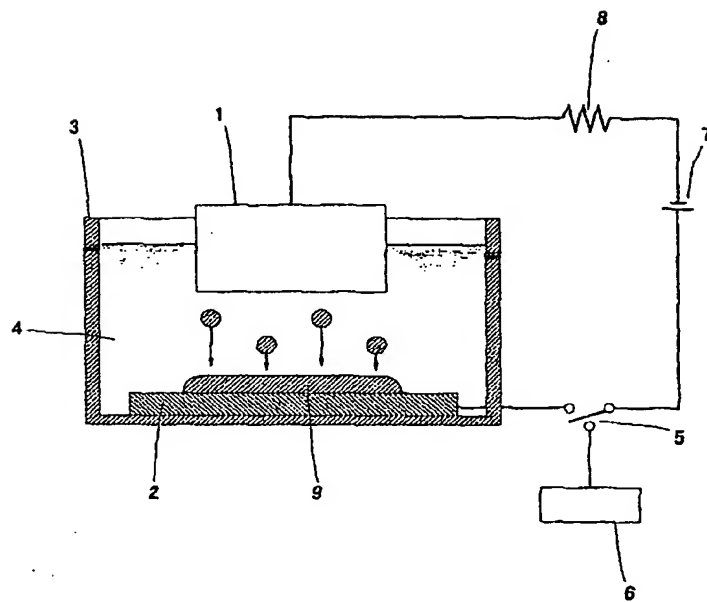
【第13図】



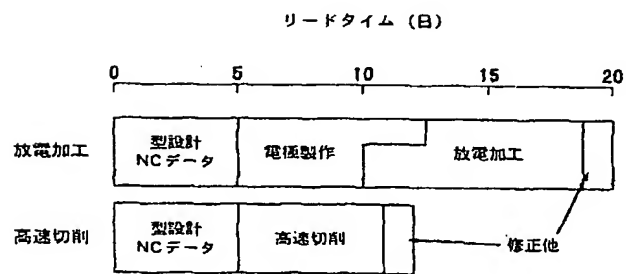
【第15図】



【第16図】

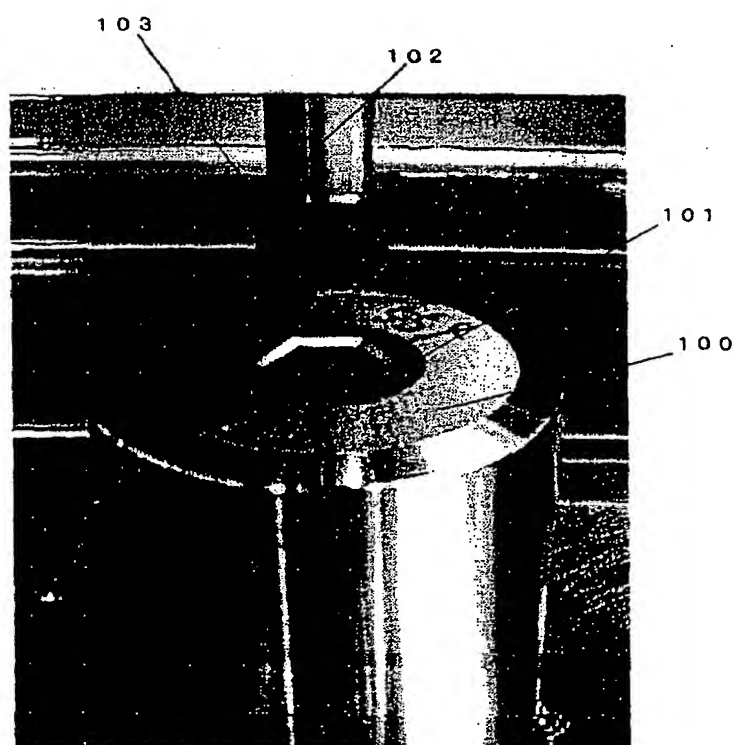


【第20図】



コネクティングロッド型の製造時間の比較例

【第17図】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.